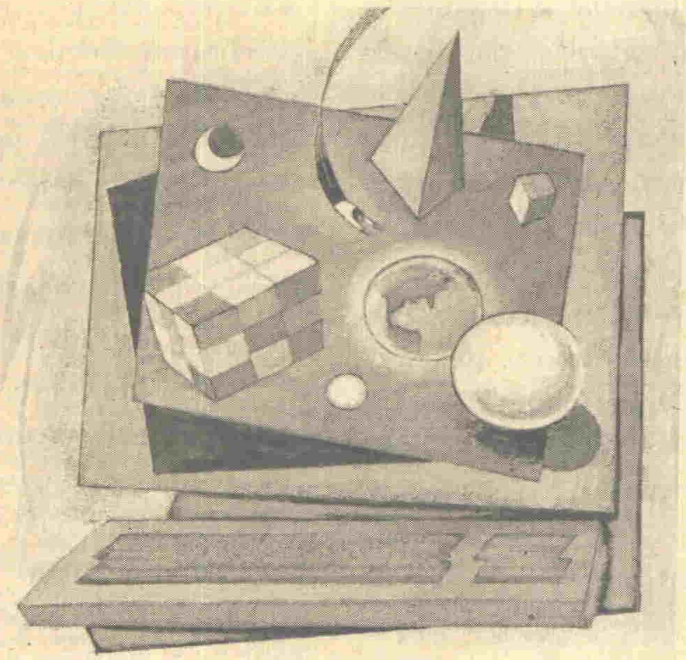
เรื่องน่าอ่าน
ดร.สมนึก คีรีโต

ระบบอิงความรู้

ตอนที่ 1 กลยุทธ์สู่ความสำเร็จ



ระบบเทคโนโลยีที่เสนอแนวทางและเครื่องมือใหม่ ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างน่าทึ่ง

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทั้งในเชิงฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์รุดหน้าไปอย่างไม่หยุดยั้ง ในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมานี้ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์เรื่องหนึ่งที่ประทุความสนใจของคนจำนวนมาก เนื่องจากมีแนวทางในการแก้ปัญหาในแง่มุมใหม่ที่ครอบคลุมลักษณะปัญหา ที่แต่เดิมอาจจะไม่เคยมีใครคาดคิดมาก่อนว่าคอมพิวเตอร์จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในเรื่องนั้นได้ เทคโนโลยีที่กล่าวถึงนี้ เรียกว่า "ระบบผู้เชี่ยวชาญ" (Expert Systems) หรือบางครั้งเรียกว่า "ระบบอิงความรู้" (Knowledge-based Systems) เทคโนโลยีระบบอิงความรู้ได้เสนอแนวทางใหม่หรือเครื่องมือใหม่ ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหายาก ๆ ซึ่งเทคนิคเชิงคอมพิวเตอร์พื้นฐานที่เคยใช้กันอยู่อาจจะแก้ไขปัญหานั้นไม่ได้

ปี 1989 ได้มีการบันทึกในรูปของเอกสารรายงานการประยุกต์ใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญในบรรษัทธุรกิจทั่วโลกจำนวนถึง 2,000 ระบบ ในจำนวนนี้ยังไม่ได้นับรวมถึงการประยุกต์ใช้งานที่เกิดขึ้นในด้านการทหาร หรือในหน่วยงานภาครัฐบาลทั่วโลก และยังไม่รวมถึงระบบผู้เชี่ยวชาญจำนวนมากที่ถูกปกปิดเป็นความลับ หรือไม่ได้มีการรายงานเป็นเอกสารที่จะสามารถอ้างอิงได้

นักวิชาการหลายท่านคาดการณ์ว่า อัตราการเจริญเติบโตของการประยุกต์ใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญจะเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมมาก ๆ ในช่วงทศวรรษใหม่ของปี 1990-1999 ธุรกิจหรือการประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ เฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาที่เดียวจะเพิ่มขึ้นเป็น 6 พันล้านเหรียญสหรัฐ (ประมาณ 150,000 ล้านบาท) ในปี 1995 หรือประมาณ 6 เท่าตัวของตัวเลขที่มีบันทึกไว้ในปี 1989

ประเทศผู้นำทางเทคโนโลยีทั่วโลกให้ความสนใจกับวิทยาการแขนงนี้ ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศในแถบยุโรป และหลายประเทศในเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น เห็นความสำคัญและประโยชน์ของการประยุกต์ใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญ เปรียบประหนึ่งเป็นกลยุทธ์ของการแข่งขันในเชิงธุรกิจ เพื่อที่จะช่วยปรับปรุงการบริการ การช่วยเพิ่มผลผลิต และการเพิ่มประสิทธิภาพของการตัดสินใจ บทความนี้พยายามที่นำเสนอเนื้อหาของเทคโนโลยีของระบบอิงความรู้ว่าคืออะไรกันแน่ งานประเภทไหนที่เหมาะสมกับวิธีการของระบบอิงความรู้ และตัวอย่างการ

ประยุกต์ใช้งานจริงในเชิงธุรกิจการเงินและการธนาคาร ผู้เขียนเชื่อว่าเทคโนโลยีของระบบอิงความรู้มีความสำคัญมากในฐานะที่เป็นเครื่องมือที่น่าสนใจและมีศักยภาพในการใช้งานเพื่อแก้ปัญหา นักคอมพิวเตอร์และผู้ใช้ที่ต้องการจะขยับฐานะของตัวเองจากงานด้าน "การประมวลผลข้อมูล" (Data Processing) มาเป็นงานด้าน "การประมวลผลความรู้" (Knowledge Processing) ควรจะให้ความสนใจต่อเทคโนโลยีแขนงนี้ และแน่นอนที่สุดที่ว่า ระบบอิงความรู้ใช่ว่าจะใช้แก้ปัญหาใด ๆ ในโลกนี้ได้ทั้งหมด แต่ใช้ได้เฉพาะงานที่เหมาะสมจริง ๆ และ "คุ้มค่าราคา" เท่านั้น และหวังว่าหลายคนจะได้พบความจริงที่ว่า มีปัญหามากมายที่เข้าข่ายดังกล่าวนี้

ระบบอิงความรู้ คืออะไร

ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert Systems) หรือ ที่เรียกตามลักษณะของเทคโนโลยีที่ใช้ว่า "ระบบอิงความรู้" (Knowledge-based Systems) เป็นระบบที่ช่วยผู้บริหารในการแก้ปัญหาและช่วยแนะนำการตัดสินใจ ระบบผู้เชี่ยวชาญมักจะเป็นระบบที่โต้ตอบกับผู้ใช้ในลักษณะตอบคำถาม และถามคำถามเพิ่มเติมเพื่อขอข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจ ระบบอาจจะช่วยเสนอข้อแนะนำพร้อมทั้งเหตุผล และช่วยงานในขบวนการของการตัดสินใจของมนุษย์

ระบบอิงความรู้เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานวิจัยสาขาหนึ่งของวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่เรียกว่า "ปัญญาประดิษฐ์" (Artificial Intelligence) [5] นักวิจัยในสาขาปัญญาประดิษฐ์พยายามที่จะหาหนทางในการประดิษฐ์ "ปัญญา" ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อที่คอมพิวเตอร์จะสามารถทำงานแบบใช้สมองคิดหาเหตุผลเช่นมนุษย์ไม่ใช่แค่เครื่องจักรที่ไร้ความคิด ระบบอิงความรู้เป็นเทคโนโลยีสาขาย่อยสาขาแรกของปัญญาประดิษฐ์ที่ฉีกตัวเองออกจากแวดวงวิชาการในรั้วมหาวิทยาลัย ออกมาผงาดในแวดวงธุรกิจ แล้วได้พิสูจน์ตัวเองว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีคุณค่าและมีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาในโลกของความเป็นจริงได้

ความจริงแล้ว "ความรู้" หรือ "ปัญญา" ของโลกที่เราต้องการประดิษฐ์ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นมีมากมายซับซ้อน และไม่ใช่เรื่องง่ายนัก เคล็ดลับส่วนหนึ่งของความสำเร็จของระบบอิงความรู้อยู่ที่เราไม่พยายามประดิษฐ์ "ปัญญา" ของทั้งโลกนี้ลงในคอมพิวเตอร์ แต่เราสนใจที่จะหาทางป้อนความรู้ที่เฉพาะเจาะจงอยู่ในวงจำกัด หรือที่เรียกว่า "ความรู้เฉพาะกิจ" (Domain Knowledge) ความรู้หรือความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่เพียงพอต่อการแก้ไขปัญหาเฉพาะกิจเท่านั้นที่เราสนใจเหตุผลประการนี้นั่นเองที่ทำให้เราเรียกระบบอิงความรู้อีกอย่างหนึ่งว่า "ระบบผู้เชี่ยวชาญ" เนื่องจากระบบดังกล่าวอาจจะทำงานได้ในระดับที่ใกล้เคียงเทียบเท่า หรือเหนือกว่าผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่เป็นมนุษย์ในการแก้ปัญหา การหาเหตุผล หรือการตัดสินใจ ถ้าระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นบรรจุด้วยฐานความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ อย่างเพียงพอ พร้อมกับมีความสามารถในการคิดหาเหตุผลที่มีประสิทธิภาพ

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน

ก่อนที่จะกล่าวถึง หลักการพื้นฐานอื่น ๆ ที่อยู่เบื้องหลังระบบผู้เชี่ยวชาญในรายละเอียด ผู้อ่านอาจจะต้องการที่จะเห็นตัวอย่างหรือประโยชน์การใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญว่ามีอะไรบ้าง มีการประยุกต์ใช้งานในเชิงธุรกิจการเงินการธนาคาร ระบบควบคุมหรืออะไรที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเราบ้าง มีตัวอย่างใดที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อสนองตอบความต้องการของธุรกิจในประเทศไทยบ้าง เพื่อจะเป็นแรงบันดาลใจของการศึกษาเรื่องระบบอิงความรู้ในระดับลึก และหาหนทางนำเทคโนโลยีด้านนี้มาใช้งานต่อไป.

GATES: ระบบกำหนดประตูจอดเครื่องบินและติดตามตำแหน่งเครื่องบิน

เกตส์ (GATES) [1] เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้งานอยู่ที่สนามบินนานาชาติเจเอฟเค ในเมืองนิวยอร์ค สหรัฐอเมริกา ระบบดังกล่าวถูกใช้งานสำหรับสายการบินทีดับบลิวเอ (TWA) เพื่อให้คำแนะนำกับพนักงานภาคพื้นดินในการกำหนดหมายเลขประตู (gates) สำหรับเครื่องบินที่จะเข้ามาจอด หรือเครื่องบินที่จะขึ้นบิน ฐานความรู้ที่มีอยู่ในระบบได้มาจากความรู้ของพนักงานภาคพื้นดินที่มีประสบการณ์ ในการทำงานเพื่อการแก้ไขปัญหาลักษณะดังกล่าวเป็นกิจวัตรประจำ

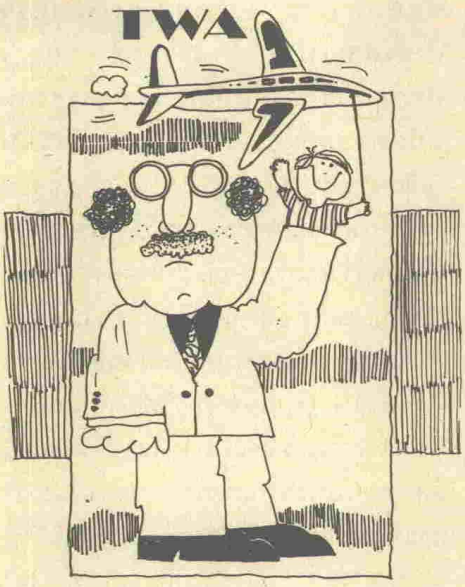
ปัญหาในการกำหนดประตูให้กับเครื่องบิน มีความซับซ้อนมากประกอบกับข้อจำกัดในด้านเวลา ที่จะต้องหาคำตอบให้ได้เร็วที่สุด พร้อมกับเงื่อนไขที่บีบคั้นอื่น ๆ เช่นการล่าช้าของการบิน สภาพอากาศหรือทัศนวิสัยการบินที่เลวร้าย การขัดข้องของเครื่อง และเงื่อนไขข้อบังคับด้านการบินอื่น ๆ

ทฤษฎีที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยปกติ เช่น ทฤษฎีของการหาจุดต่ำสุดสูงสุด (Optimization methods เช่น linear integer programming) ถูกนำ

มาทดลองใช้แล้ว แต่ใช้งานไม่ได้ผล เนื่องจากไม่สามารถให้คำตอบได้ในความเร็วที่ต้องการ (ต้องการคำตอบที่ทันเหตุการณ์ แบบ real-time) ดังนั้นเทคโนโลยีของระบบอิงความรู้ได้ถูกนำมาใช้งานในระบบ GATES นี้ระบบดังกล่าวพัฒนาขึ้นด้วยภาษาโปรล็อก (PROLOG) (ภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาหนึ่งที่มักจะใช้เขียนเพื่อการแก้ปัญหาทางด้านปัญญาประดิษฐ์) และทำงานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กแบบส่วนบุคคล

ระบบผู้เชี่ยวชาญดังกล่าว ช่วยจัดตารางสายการบินประมาณ 100 เที่ยวบินต่อวัน ระบบนี้เชื่อมต่อและดึงข้อมูลบางส่วนจากฐานข้อมูลกลางของบริษัทสายการบินทีดับบลิวเอ การกำหนดประตูให้กับเที่ยวบินนี้ใช้เวลาคิดหาเหตุผลด้วยคอมพิวเตอร์ในช่วงเวลาประมาณ 30 วินาทีในขณะที่โดยปกติแล้วจะต้องใช้พนักงานผู้เชี่ยวชาญในการทำงานลักษณะเดียวกันถึง 10-15 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงประตูจอดของเครื่องบินใหม่ก็ต้องใช้เวลาประมาณนั้นเช่นกัน

สำหรับในประเทศไทย บริษัทการบินไทยก็ได้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับระบบ GATES ดังกล่าวข้างต้น ระบบผู้เชี่ยวชาญตัวนี้ใช้งานจริงเพื่อการจัดตารางการบินของสายการบินไทยที่ท่าอากาศยานดอนเมือง ผลของการใช้งานเป็นที่น่าประทับใจ (คาดว่าจะมีการรายงานที่แสดงเป็นตัวเลขที่ชัดเจนกว่านี้ในอนาคต) ซอฟต์แวร์ตัวนี้เขียนขึ้นด้วยภาษาลิสป์ (LISP ภาษาคอมพิวเตอร์อีกภาษาหนึ่ง ที่นักวิจัยทางด้านปัญญาประดิษฐ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหรัฐอเมริกาใช้เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์ "ปัญญา" ให้คอมพิวเตอร์



FXAA : ระบบผู้ช่วยตรวจสอบบัญชีซื้อขายระหว่างประเทศ

ในแต่ละปีธนาคารเคมิคอล (Chemical Bank) มีกิจการที่เกี่ยวข้องกับการซื้อขายแลกเปลี่ยนสินค้าระหว่างประเทศด้วยยอดเงินถึง 750,000 ล้านเหรียญสหรัฐ (ประมาณ 18 ล้านล้านบาท) ในแต่ละวันจะมีรายการซื้อขายเป็นจำนวนหลายพันรายการ และแต่ละรายการมีเอกสารประกอบมากมาย รวมแล้วหนักประมาณ 5 กิโลกรัมต่อเดือน จากตัวเลขจำนวนดังกล่าวจะสังเกตเห็นได้ชัดว่า เอกสารบัญชีการซื้อขายที่จะต้องถูกนำมาตรวจสอบนั้นมีมากเกินขีดความสามารถของผู้ตรวจสอบบัญชี ลักษณะงานที่สำคัญประการหนึ่งของการตรวจสอบก็คือ การค้นหารายการซื้อขายที่มีลักษณะผิดปกติ เพื่อการแก้ไขปัญหาดังกล่าวธนาคารเคมิคอลได้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญที่ชื่อว่า "FXAA" เพื่อจะเป็นระบบที่ช่วยวิเคราะห์ และช่วยให้คำแนะนำแก่ผู้ตรวจสอบบัญชีอีกทีหนึ่ง

ผลการทดลองใช้งานระบบ FXAA [2] ปรากฏว่าการตรวจสอบบัญชีมีความรวดเร็วมากขึ้น และเพิ่มจำนวนรายการการตรวจสอบขึ้นถึง 30 เท่า งานการตรวจสอบบัญชีที่เดิมเคยทำทุก ๆ 18 เดือนสามารถเพิ่มความถี่เป็นการตรวจสอบเดือนละ 1 ครั้งได้

ระบบโปรแกรมผู้เชี่ยวชาญดังกล่าวพัฒนาขึ้นโดยการใช้เครื่องมือเชิงซอฟต์แวร์สำหรับการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ (ที่บางครั้งเรียกว่า "ระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ" - Expert System Shell) ซอฟต์แวร์ตัวนี้มีชื่อทางการค้าว่า "ART" ความรู้ที่บรรจุอยู่ในระบบผู้เชี่ยวชาญตัวนี้อยู่ในรูปของกฎเกณฑ์ (Rule-based Expert System) ระบบผู้เชี่ยวชาญตัวนี้ได้สร้างผลกระทบในแง่บวก แก่ธนาคารเคมิคอลอย่างมาก

ExperTax : ระบบวางแผนการเสียภาษี

Coopers and Lybrand เป็นบริษัทที่ปรึกษาทางด้านการเงินและการประกันที่มีชื่อเสียงมากบริษัทหนึ่งในสหรัฐอเมริกา (1 ใน 6 บริษัทที่ปรึกษายักษ์ใหญ่ทางด้านการเงินการบัญชี ที่เรียกว่า "The Big Six") บริษัทในกลุ่ม "The Big Six" นี้มีการแข่งขันในเชิงธุรกิจในด้านให้คำปรึกษาทางด้านการเงิน การบัญชีสูงมาก แต่ละบริษัทพยายามที่จะนำเทคโนโลยีทางด้านปัญญาประดิษฐ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง "ระบบผู้เชี่ยวชาญ" มาปรับปรุงการบริการ และประสิทธิภาพการทำงาน ในลักษณะงานต่าง ๆ เพื่อที่จะเพิ่มความได้เปรียบในเชิงกลยุทธ์ทางการแข่งขันแก่ธุรกิจของตนเอง เพื่อแสดงตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ใช้งานของระบบผู้เชี่ยวชาญ ในที่นี้จะขอกล่าวถึง บริษัท Coopers and Lybrand ที่ได้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญที่เรียกว่า "Insurance ExperTax" [3]

ซึ่งเป็นระบบที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ การชี้แนะขั้นตอนของการวางแผนเพื่อการเสียภาษี และการชี้แนะว่าอะไรเป็นปัญหาการเงินที่อาจจะพอกพูนขึ้นในอนาคต บริษัทต่าง ๆ ที่ใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวางแผนภาษีตัวนี้จะสามารถเข้าถึงความรู้ และความชำนาญทางด้านการวางแผนการเสียภาษีอันเป็นความเชี่ยวชาญพิเศษของบริษัท Coopers and Lybrand โดยตรงผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกฎหมายและแบบฟอร์มของการกรอกแบบภาษีเป็นตัวอย่างความรู้ที่สำคัญ และเป็นประโยชน์ต่อการวางแผน และการตัดสินใจ

ระบบผู้เชี่ยวชาญ "Insurance ExperTax" ใช้เวลาในการพัฒนามากกว่า 1 ปี ประกอบด้วยความรู้ที่เขียนอยู่ในรูปของกฎเกณฑ์ถึง 3,000 ข้อ บริษัท Cooper and Lybrand พัฒนาโปรแกรมผู้ช่วยตัวนี้ด้วยภาษาลิสป์บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็ม นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีลักษณะพิเศษเหมาะกับงานทางด้านธุรกิจการเงินอีกด้วย (A financial-oriented expert-system shell ที่เรียกชื่อเฉพาะว่า FFAST ผู้เขียนหวังว่าบริษัทนี้จะนำซอฟต์แวร์เครื่องมือตัวนี้ออกขาย การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญด้านการเงินน่าจะกระทำได้รวดเร็วขึ้น)

Jonathan's Wave : ระบบซื้อขายหุ้นและหลักทรัพย์

สถาบันการเงินหลายแห่งในอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น กำลังพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการแนะนำการซื้อขายหุ้น และหลักทรัพย์ ในประเทศไทยเองก็มีบริษัทที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบผู้เชี่ยวชาญโดยตรงกำลังพัฒนาระบบอิงความรู้สำหรับการประยุกต์ใช้ในสถาบันการเงิน การลงทุนหลักทรัพย์ด้วย เวลาในขณะปัจจุบันผู้เขียนไม่สามารถหาตัวเลขหรือหลักฐานรายงานที่จะแสดงความสำเร็จ (หรือความล้มเหลว) ของระบบต่าง ๆ เหล่านั้นอย่างชัดเจน เอกสารที่พอจะยืนยันความสำเร็จส่วนหนึ่งของระบบผู้เชี่ยวชาญในด้านดังกล่าวนี้ (ที่ผู้เขียนหาได้) เป็นระบบที่ชื่อว่า "Jonathan's Wave" ระบบนี้ถูกออกแบบมาพิเศษสำหรับการแนะนำการซื้อขายสินค้า (Commodities) ในอนาคต และการแลกเปลี่ยนสินค้า [4]

ในยุคแรกของการพัฒนาโปรแกรม Jonathan's Wave โปรแกรมดังกล่าวทำงานบนเครื่องไอบีเอ็ม 286 จำนวน 2 ตัว ฐานความรู้ที่บรรจุความรู้เกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนซื้อขายสินค้าในแนวต่าง ๆ (หลายแนวทาง) ถูกเขียนด้วยภาษาซี (C) ในขณะที่ซอฟต์แวร์ในส่วนของการคิดหาเหตุผล ที่เรียกว่า "เครื่องจักรอนุมาน" (Inference Engine) พัฒนาขึ้นโดยการใช้ภาษาโปรล็อก เนื่องจากแนวทางหรือวิธีการที่ใช้ในการแนะนำการซื้อขายนั้นมีหลายวิธี ระบบผู้เชี่ยวชาญตัวนี้จะต้องมีความสามารถในการหาข้อสรุปจากข้อเสนอแนะที่เสมือนรวบรวม มาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวนหลายคน (Multiple Experts) โดยอาศัยข้อชี้แนะและประสบการณ์ในอดีตมาเป็นความรู้ที่จะถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกแนวทางที่ดีที่สุด

อเมริกันเอ็กซ์เพรสกับระบบแนะนำการอนุมัติเครดิตให้แก่ลูกค้า

บริษัทเครดิตการ์ดหลายบริษัทในปัจจุบัน ใช้เทคโนโลยีของระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อจะเพิ่มคุณภาพการบริการให้แก่ลูกค้า เพื่อการเพิ่มผลผลิตและการลดต้นทุน ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการแนะนำการอนุมัติเครดิตให้แก่ลูกค้าผู้ถือบัตรเครดิตของอเมริกันเอ็กซ์เพรสเป็นตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จมากตัวอย่างหนึ่ง โดยปกติแล้วบริษัทอเมริกันเอ็กซ์เพรส (ในสหรัฐอเมริกา) มีพนักงานผู้มีอำนาจในการอนุมัติเครดิตอยู่ประจำตำแหน่งจำนวน 300 คนในการให้บริการแก่ลูกค้าผู้ถือบัตรเครดิต โดยให้บริการในลักษณะตลอด 24 ชั่วโมง

ทุกครั้งที่ลูกค้าใช้บัตรเครดิตในการซื้อสินค้าในวงเงินที่เกินพิกัดสูงสุดที่กำหนดไว้สำหรับบัตรใบนั้น ร้านค้าจะต้องติดต่อบริษัทอเมริกันเอ็กซ์เพรสเพื่อที่จะขอการพิจารณาอนุมัติก่อน ระบบผู้เชี่ยวชาญที่บริษัทพัฒนาขึ้นมานั้น จะทำงานร่วมกับพนักงานที่มีอำนาจในการตัดสินใจว่าควรจะอนุมัติหรือไม่อนุมัติรายการเครดิตรายการนั้น หรือไม่ก็แนะนำและเสนอแนวทางที่มีเหตุผลแนวอื่น หรืออาจจะขอข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อประกอบการตัดสินใจ การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญระบบดังกล่าว เกิดขึ้นเนื่องจากบริษัทอเมริกันเอ็กซ์เพรสประสบกับปัญหาการสูญเสียจำนวนมาก อันมีเหตุเนื่องมาจากการตัดสินใจอนุมัติเครดิตที่ผิดพลาดโดยพนักงานอนุมัติเครดิตที่ขาดประสบการณ์

การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยพิจารณาการอนุมัติเครดิตนี้อาศัยผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นพนักงานที่มีประสบการณ์ด้านนี้หลายคนช่วยกันสรุปกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้และอธิบายวิธีการต่าง ๆ ให้กับผู้พัฒนาระบบอิงความรู้ที่เรียกว่า "วิศวกรความรู้" (Knowledge Engineer) วิศวกรความรู้จะเป็นผู้รวบรวมความรู้และวิธีการแก้ปัญหานั้น และทำการสร้าง "ฐานความรู้" (Knowledge

Base) ที่เขียนขึ้นในรูปของกฎเกณฑ์ประมาณ 520 ข้อ ในระหว่างการทดลองใช้ระบบ กฎเกณฑ์ในฐานความรู้เพิ่มขึ้นเป็น 850 ข้อ ผลลัพธ์การทำงานของระบบแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์เพื่อการอนุมัติเครดิตของระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยลดความผิดพลาดของการให้เครดิตลง 76 เปอร์เซ็นต์ ระบบดังกล่าวช่วยให้ขบวนการของการตัดสินใจเป็นแบบเสมอต้นเสมอปลาย ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและผลงานของพนักงานผู้พิจารณาเครดิต ช่วยเพิ่มคุณภาพของการบริการแก่ลูกค้า มีการตัดสินใจที่ถูกต้องมากขึ้น และลดเวลาการเรียนรู้ของพนักงานผู้พิจารณาเครดิตด้วย

การลงทุนเพื่อการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ค่อนข้างสูงมาก บวกกับเวลาการพัฒนาที่ยาวนาน แต่ผลประโยชน์ที่บริษัทอเมริกันเอ็กซ์เพรสได้รับกลับคืนมานั้นมากเกินคุ้ม ซึ่งทางบริษัทเครดิตการ์ดรายนี้กล่าวว่า การลงทุนที่สูญเสียไปนั้นได้รับผลกลับคืนมาทันทีหลังจากที่ระบบดังกล่าวถูกใช้งานในช่วงเวลาขวบปีแรกเท่านั้น

ระบบในฟาร์มเลี้ยงเป็ดและไก่

หน่วยวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีแห่งจอร์เจีย สหรัฐอเมริกา กำลังพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับฟาร์มเลี้ยงเป็ดเลี้ยงไก่ [7] ระบบนี้พัฒนาขึ้นโดยอาศัยเครื่องมือที่เป็นโปรแกรมระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ (Expert System Shell) ระบบหนึ่งที่เรียกว่า "Nexpert Object" (ในประเทศไทยก็มีบริษัทของคนไทยที่เป็นตัวแทนจำหน่ายและรับงานการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยซอฟต์แวร์ Nexpert Object ตัวนี้) ระบบผู้เชี่ยวชาญระบบดังกล่าวนี้ จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่มาจากระบบควบคุมสิ่งแวดล้อมในฟาร์มเลี้ยงเป็ดและไก่ ด้วยข้อมูลที่เกี่ยวกับปริมาณการให้อาหาร และน้ำ อุณหภูมิ ความชื้น และระดับของแอมโมเนีย ระบบผู้เชี่ยวชาญตัวนี้จะทำการเตือนเจ้าของฟาร์มถึงอันตราย หรือโรคร้ายที่เป็ดและไก่ที่เลี้ยงมีหรืออาจจะมีได้ในอนาคต

QMR : ระบบการวินิจฉัยโรค

ระบบ QMR ทำหน้าที่ช่วยเหลือนายแพทย์ในการวินิจฉัยโรคโดยการพิจารณาข้อมูลที่มาจากอาการของคนไข้ การตรวจสอบร่างกาย และผลลัพธ์จากแลบ (Laboratory tests) [8] ฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญตัวนี้มีขนาดมหึมา ซึ่งได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ช่วงต้นทศวรรษ 1970 (เกือบ 20 ปีมาแล้ว) (จากระบบผู้เชี่ยวชาญทางด้านการแพทย์อายุรศาสตร์ ที่เรียกว่า "INTERNIST") ปัจจุบันระบบ QMR ยังใช้งานจริงในโรงพยาบาลของมหาวิทยาลัยพิตส์เบอร์ก (Pittsburgh) โดยใช้ความรู้ในระบบที่เกี่ยวข้องกับลักษณะอาการของโรคถึง 4,000 อาการ ระบบดังกล่าวนี้ได้แสดงความสามารถในการวินิจฉัยโรคในระดับเทียบเท่ากับนายแพทย์ที่มีประสบการณ์ดีทีเดียว

HESS : ระบบจัดตารางการผลิตในโรงกลั่นน้ำมัน

ระบบผู้เชี่ยวชาญตัวนี้พัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยฮุสตัน สหรัฐอเมริกา สำหรับใช้ในการกำหนดตารางการผลิต (Product Scheduling) ในโรงกลั่นน้ำมันหลักในรัฐเท็กซัส (ทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริการวมทั้งรัฐเท็กซัส เป็นบริเวณที่มีน้ำมัน และอุตสาหกรรมเกี่ยวกับน้ำมันจำนวนมาก) ฐานความรู้ของระบบ HESS ได้รับการพัฒนาโดยการรวบรวมความรู้ (Knowledge Acquisition) มาจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดตารางการผลิตผลิตภัณฑ์จากการกลั่นน้ำมัน 2 ท่าน หน้าที่สำคัญก็คือการเลือกผลิตภัณฑ์ที่ควรจะผลิตเวลาไหนและใช้ขบวนการในการผลิตอย่างไรเพื่อที่จะทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำสุด ปริมาณการสูญเสียระหว่างการผลิตต่ำสุด และตรงตามความประสงค์ของลูกค้า

เครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาระบบ HESS ตัวนี้เป็นโปรแกรมระบบเปลือก

ผู้เชี่ยวชาญที่ชื่อว่า "EXSYS" (ของบริษัทหนึ่งในสหรัฐฯ) เวลาในการพัฒนาระบบ 12 เดือน ความรู้อยู่ในรูปของกฎเกณฑ์ (production rules) ประมาณ 400 ข้อ ทำงานได้บนเครื่องไอบีเอ็มพีซี ระบบผู้เชี่ยวชาญตัวนี้สามารถจัดตารางการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำงานอย่างสม่ำเสมอ (Consistency) ประโยชน์ที่ได้รับในด้านการลดต้นทุนและประสิทธิภาพการผลิตในแต่ละโรงกลั่นน้ำมันมีการประมาณว่าเป็นจำนวนหลายล้านเหรียญดอลลาร์ แต่ข้อเสียประการสำคัญของระบบผู้เชี่ยวชาญในระบบปัจจุบันก็คือ ยังไม่ได้เชื่อมโยงระบบโดยตรงกับฐานข้อมูลเดิมของโรงกลั่นน้ำมัน ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมากในการทำงานที่ครบสมบูรณ์ของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบในธุรกิจอาหารจานด่วน

ธุรกิจอาหารจานด่วน (Fast Food) ของบริษัทต่าง ๆ ที่เรารู้จักชื่อเป็นอย่างดี เช่น พิซซาฮัท (Pizza Hut) เบอร์เกอร์คิง (Burger King) ไก่เคนตั๊กกี้ (Kentucky Fried Chicken) แมคดอร์นัลส์ (McDonalds) เวนดี้ (Wendy's) และคุ๊กกี้ของมิสซีสฟิลด์ (Mrs.Fields Cookies) เป็นต้น บริษัทต่าง ๆ เหล่านี้หันเข้าหาเทคโนโลยีชั้นสูงในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อเป็นกลยุทธ์การแข่งขันในการตลาดกันทั้งนั้น

มิสซีสฟิลด์ผู้เป็นเจ้าของธุรกิจคุ๊กกี้ ซึ่งเริ่มต้นไต่เต้าจากฝีมือการทำคุ๊กกี้ของตัวเองในครัวที่บ้านแล้วเดินขายเองตามถนน กลายมาเป็นธุรกิจเงินล้านที่มีร้านขายคุ๊กกี้ของตัวเองมากกว่า 700 แห่งทั่วสหรัฐอเมริกา ด้วยความช่วยเหลือจากสามีของมิสซีสฟิลด์ (ซึ่งเป็นนักคอมพิวเตอร์ด้วย) การปฏิบัติงานและการบริหารงานของบริษัท และสาขาต่าง ๆ ของมิสซีสฟิลด์คุ๊กกี้เข้าใกล้ลักษณะของการทำงานแบบไร้กระดาษ (paper-free) มีการประยุกต์ใช้งานคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ระดับงานการประมวลผลข้อมูลอย่างง่าย ๆ ไปจนถึงขั้นพิสดารของการประมวลผลความรู้ ด้วยการถ่ายทอดความรู้ความชำนาญทางด้านการขายปลีก (Retailing) และการวางแผนการผลิตคุ๊กกี้ที่เหมาะสม ความรู้ความสามารถ และความเชี่ยวชาญจากตัวของมิสซีสฟิลด์เอง ถูกบรรจุในฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญที่ถูกตั้งชื่อว่า "ROI" (Retail Operations Intelligence) [10] การพัฒนาระบบนี้เริ่มมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984 และถูกนำมาใช้จนถึงปัจจุบันในสาขาต่าง ๆ ของมิสซีสฟิลด์คุ๊กกี้ทั่วสหรัฐอเมริกา ระบบ ROI มีองค์ประกอบที่สำคัญหลายส่วน เช่น ระบบการวางแผนการขายประจำวัน ระบบการจัดตารางการทำงานของพนักงาน ระบบการจัดการบริหารภาษี การให้ใบอนุญาต และการเช่าซื้อ การรวบรวมข้อมูลประจำวัน การวิเคราะห์และรายงานการขาย ระบบควบคุมสต๊อก ระบบช่วยการสัมภาษณ์ผู้สมัครงาน และระบบช่วยฝึกฝนพนักงาน เป็นต้น

ระบบผู้เชี่ยวชาญ ดังกล่าวประสบความสำเร็จในการใช้งานสูงมาก ถือได้ว่าเป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์สำหรับการบริหารงานด้านการขายปลีก (Retailing) ระบบแรก และเป็นระบบที่บริษัทไอบีเอ็มภาคภูมิใจมาก (เนื่องจากใช้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ของไอบีเอ็ม บริษัทไอบีเอ็มใช้ผลงานของมิสซีสฟิลด์เป็นโชว์เคสบ่อยครั้ง) ความสำเร็จอันนี้เห็นได้ชัดจากการที่มิสซีสฟิลด์คุ๊กกี้ขยับฐานะของตัวเองจากการขายคุ๊กกี้มาเปิดบริษัทขายซอฟต์แวร์ระบบผู้เชี่ยวชาญด้านการขายปลีก "ROI" (Retail Operations Intelligence) (ชื่อบริษัทว่า "Fields Software Group") ยักษ์ใหญ่ในธุรกิจอาหารจานด่วนอย่างบริษัทเบอร์เกอร์คิง (Burger King) ยังต้องซื้อซอฟต์แวร์ตัวนี้จากมิสซีสฟิลด์ โดยนำมาใช้เพื่อการบริหารงานในสาขาต่าง ๆ ของตัวเอง สำหรับการช่วยงานทางด้านการกำหนดกลยุทธ์การตลาด การสร้างตารางการปฏิบัติงาน และการแนะนำการว่าจ้างพนักงาน ปัจจุบันบริษัทเบอร์เกอร์คิงกำลังพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญของตัวเองขึ้นมาบ้าง ทั้งนี้ก็เพื่อจะสู้กับคู่แข่งที่สำคัญในธุรกิจแฮมเบอร์เกอร์ นั่นคือ บริษัทแมคดอร์นัลส์ (McDonalds)

แมคดอร์นัล (McDonalds) ได้นำเทคโนโลยีระบบผู้เชี่ยวชาญไปใช้ในสาขาต่าง ๆ ของตัวเองในประเทศแถบยุโรป ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั้งหมด ระบบนี้ใช้ช่วยในการให้คำแนะนำที่มีค่าในเวลาที่ต้องการแก่ผู้บริหารสาขาซึ่งส่วนใหญ่ยังไม่คุ้นเคย หรือยังไม่ค่อยชำนาญ

ต่อการปฏิบัติงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้สามารถช่วยลดปริมาณของสินค้าของส่วนผสมที่เก็บอยู่ในสต๊อก ช่วยเพิ่มคุณภาพและความเร็วในการบริการและช่วยในการฝึกฝนพนักงานในสาขาอีกด้วย ในธุรกิจที่มีการแข่งขันกันอย่างสูงนั้น การพัฒนาและการปรับปรุงไม่ว่าในด้านใด เช่น การลดต้นทุนการผลิต การเพิ่มคุณภาพประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน จะเป็นเรื่องที่จะละเลยเสียไม่ได้เลย

ปัญหาที่ต้องใช้เทคนิค

จากตัวอย่างของระบบผู้เชี่ยวชาญที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นผู้เขียนได้พยายามกล่าวถึงการประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ กัน เช่น ทางด้านธุรกิจ การเงิน การธนาคาร การตลาด วิศวกรรมศาสตร์ การแพทย์ และการเกษตร เป็นต้น

ลักษณะสำคัญของปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวถึงนั้นจะเกี่ยวข้องกับงานที่คอมพิวเตอร์จะต้องประมวลผลความรู้ หรือต้องใช้ความรู้ ความเข้าใจในการแก้ปัญหาในงานเฉพาะเจาะจงนั้น ๆ ไม่ใช่เป็นเพียงการประมวลผลข้อมูลเท่านั้น ปัญหาที่เข้าข่ายที่จะประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์หรือระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นปัญหาประเภทที่คอมพิวเตอร์จะต้องมีความสามารถในการคิดหาเหตุผลโดยนำความรู้พื้นฐานที่มีอยู่ในระบบนั้นมาใช้ ปัญหาที่เราสนใจนี้อาจจะถูกจัดเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. ปัญหาเชิงวิเคราะห์ (Analysis) เป็นปัญหาประเภทที่คอมพิวเตอร์จะต้องมีความรู้ ความสามารถในการคิดหาเหตุผลในการวิเคราะห์และพิจารณาข้อมูลต่าง ๆ ที่เข้ามาสู่ระบบแล้วหาข้อสรุปที่ถูกต้องหรือเหมาะสม ปัญหาแบบต่าง ๆ ที่อาจจัดเข้ากลุ่มนี้อาจจะแบ่งแยกเป็นหลายลักษณะ เช่น ปัญหาการวินิจฉัย (Diagnosis) ปัญหาการตีความหมายจากข้อมูล (Interpretation) และปัญหาการพยากรณ์ผลลัพธ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากสถานการณ์ที่กำหนด (Prediction) เป็นต้น

2. ปัญหาเชิงสังเคราะห์ (Synthesis) ปัญหาในประเภทนี้มักจะเกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ ความเชี่ยวชาญเพื่อการสร้างสรรค์ การออกแบบหรือการสังเคราะห์สร้างผลลัพธ์ โดยไม่ให้ขัดกับข้อจำกัด (Constraints) ที่กำหนดไว้เป็นอินพุตของระบบ ปัญหาประเภทนี้อาจจะแยกย่อยเป็นกลุ่มต่าง ๆ เช่น ปัญหาการออกแบบ (Design) ปัญหาการจัดวางผังระบบ (Configuration) ปัญหาการวางแผน (Planning) และ ปัญหาการจัดตาราง (Scheduling) เป็นต้น

ตารางที่ 1 แสดงปัญหาและคำนิยามพอสังเขปของแต่ละปัญหานั้น ผู้อ่านจะสังเกตเห็นได้ว่าในแต่ละปัญหาเหล่านี้คอมพิวเตอร์จำเป็นจะต้องใช้ "ความรู้" และ "การคิดหาเหตุผล" เกี่ยวข้องกับเรื่องเฉพาะเจาะจงนั้นเพื่อที่จะหาคำตอบที่ต้องการให้ได้ ตัวอย่างปัญหากลุ่มหนึ่งที่นิยมนำเอาเทคโนโลยี

ตารางที่ 1 ลักษณะปัญหาชนิดต่าง ๆ ที่อาจจะต้องใช้วิธีการประมวลผลความรู้เพื่อการแก้ปัญหานั้น ๆ

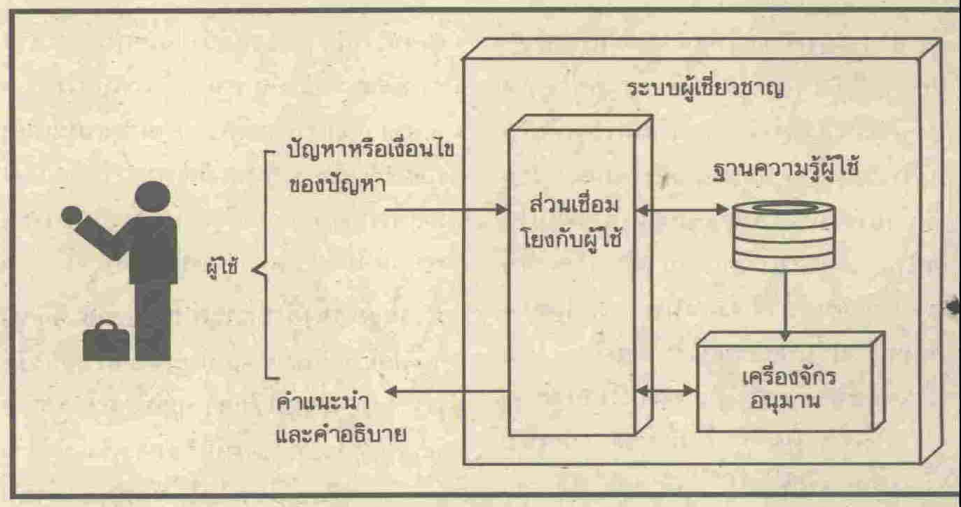
ปัญหา	ลักษณะของปัญหา
* ปัญหาการตีความหมาย (Interpretation)	การคิดหาเหตุผลเพื่อหาข้อสรุปที่มีความหมาย โดยการวิเคราะห์จากข้อมูลอินพุต
* ปัญหาการพยากรณ์ (Prediction)	การพยากรณ์ผลลัพธ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากสถานการณ์ที่กำหนด
* ปัญหาการวินิจฉัย (Diagnosis)	การวินิจฉัยหาข้อผิดพลาดในระบบ (เช่น ในระบบเครื่องจักร หรือร่างกายคน เป็นต้น) โดยการพิจารณาจากข้อสังเกต หรืออาการต่าง ๆ
* ปัญหาการออกแบบ (Design)	การออกแบบหรือการสังเคราะห์ผลลัพธ์ภายใต้เงื่อนไข ข้อจำกัด ที่กำหนด
ปัญหาการวางแผน (Planning)	การคิดหาลำดับขั้นของข้อปฏิบัติเพื่อว่าเมื่อมีการกระทำตามข้อปฏิบัติดังกล่าวนั้นแล้ว เป้าหมายที่ต้องการจะสัมฤทธิ์ผลได้
* ปัญหาการเฝ้าติดตาม (Monitoring)	การพิจารณาและติดตามจากข้อสังเกตต่าง ๆ เพื่อที่จะเตือนภัยทุกครั้ง ที่อาจจะมีข้อผิดพลาด หรือข้อบกพร่องในระบบ
* ปัญหาการแก้ไขข้อผิดพลาด (Debugging)	การคิดหาหนทางเพื่อการแก้ไขข้อผิดพลาดการแนะนำวิธีการเพื่อการรักษาเพื่อกำจัดโรคร้าย หรือเพื่อกำจัดต้นเหตุของความบกพร่องและผิดพลาดในระบบนั้น

ระบบผู้เชี่ยวชาญไปใช้แก้ปัญหามากที่สุดก็คือ "ปัญหาการวางแผน" (Planning) สำหรับปัญหาในประเภทนี้ คอมพิวเตอร์จะต้องมีความรู้ความสามารถในการคิดหา "ลำดับขั้นของข้อปฏิบัติ" (A sequence of actions) การปฏิบัติตามลำดับขั้นนั้นจะส่งผลให้เป้าหมาย (Goal State) ที่ตั้งไว้สำเร็จผลได้ ความรู้ที่คอมพิวเตอร์จะต้องมีสะสมไว้ก็คงจะต้องเกี่ยวข้องกับเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับข้อปฏิบัติพื้นฐาน (actions) ว่ามีอะไรบ้าง การกระทำต่าง ๆ นั้นมีเงื่อนไขก่อนหน้า หรือผลลัพธ์อย่างไรจะคิดหาลำดับขั้นของข้อปฏิบัติอย่างไร เพื่อที่จะให้สถานะเป้าหมายกลายเป็นจริงขึ้นมาได้ เป็นต้น

มาถึงจุดนี้ เราคงอยากจะทราบว่าองค์ประกอบพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นอย่างไร ที่จะช่วยให้คอมพิวเตอร์กลายเป็นเครื่องจักรที่ประกอบด้วยปัญญาและความรู้ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในลักษณะต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

องค์ประกอบพื้นฐานของระบบ

ระบบผู้เชี่ยวชาญ คือ ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านเพื่อการแก้ไขปัญหาซึ่งโดยปกติจะต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ หรือบุคคลที่มีประสบการณ์และได้รับการฝึกฝนเป็นอย่างดีในการแก้ไขปัญหาเฉพาะด้านนั้น ๆ ระบบผู้เชี่ยวชาญจึงเป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 3 ส่วน คือ "ฐานความรู้" (Knowledge Base) ซึ่งเป็นที่รวบรวมไว้ด้วยความรู้ที่จะใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาเฉพาะด้านที่สนใจ "เครื่องจักรอนุมาน" (Inference Engine) ส่วนนี้เป็นซอฟต์แวร์ที่ประกอบไปด้วยขบวนการอัตโนมัติในลักษณะต่าง ๆ มีความสามารถในการนำความรู้ที่มีอยู่ในฐานความรู้มาใช้มาคิดหาเหตุผลเพื่อการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่ต้องการคำตอบ และส่วนที่สามคือ "ส่วนเชื่อมโยงกับผู้ใช้" (User Interface) ที่มีความสำคัญในการเชื่อมโยงระบบการทำงานภายในโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญกับโลกภายนอกหรือผู้ใช้ ส่วนเชื่อมโยงนี้จะรับข้อมูลปัญหาหรือเงื่อนไขต่าง ๆ จากผู้ใช้แล้วส่งต่อให้เครื่องจักรอนุมานคิดหาเหตุผลและดึงความรู้ที่เกี่ยวข้องมาจากฐานความรู้เพื่อทำการแก้ไขปัญหาที่เข้ามาสู่ระบบ ผลลัพธ์ที่อยู่ในรูปของคำแนะนำ คำอธิบาย หรือคำตอบตามลักษณะของปัญหาต่าง ๆ จะถูกส่งผ่านส่วนเชื่อมโยงซึ่งจะช่วยแสดงผลออกมาสู่ผู้ใช้ภายนอกในรูปแบบที่เหมาะสมและเข้าใจได้ง่าย สำหรับผู้ใช้ระบบ รูปที่ 1 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานสำคัญ ๆ ทั้ง 3 ส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวมา



รูปที่ 1 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ (เส้นลูกศรแสดงทิศทางการไหลของสารสนเทศ)

วิศวกรรมความรู้

หัวใจสำคัญของระบบผู้เชี่ยวชาญก็คือ ฐานความรู้ที่จะต้องบรรจุอยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ ปัญหาใหญ่ในที่นี้ก็คือเราจะบรรจุความรู้ ความเข้าใจของผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ในรูปแบบอย่างไรที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถนำความรู้นั้นมาประมวลผลได้ "วิศวกรรมความรู้" (Knowledge Engineering) เป็นศาสตร์

เชิงวิศวกรรมแขนงใหม่แขนงหนึ่งที่เสนอเทคนิคต่าง ๆ ในอันที่จะนำความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะกิจของมนุษย์มารวบรวมให้เป็นหมวดหมู่ และเป็นระเบียบ (เทคนิค "การรวบรวมความรู้" นี้ เรียกเป็นศัพท์เทคนิคว่า "Knowledge Acquisition") นอกจากนี้ศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมความรู้ยังได้เสนอวิธี "การแทนความรู้" (Knowledge Representation) ซึ่งได้กล่าวถึงวิธีการต่าง ๆ ในการแทนความรู้ลงในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลด้วยเครื่อง

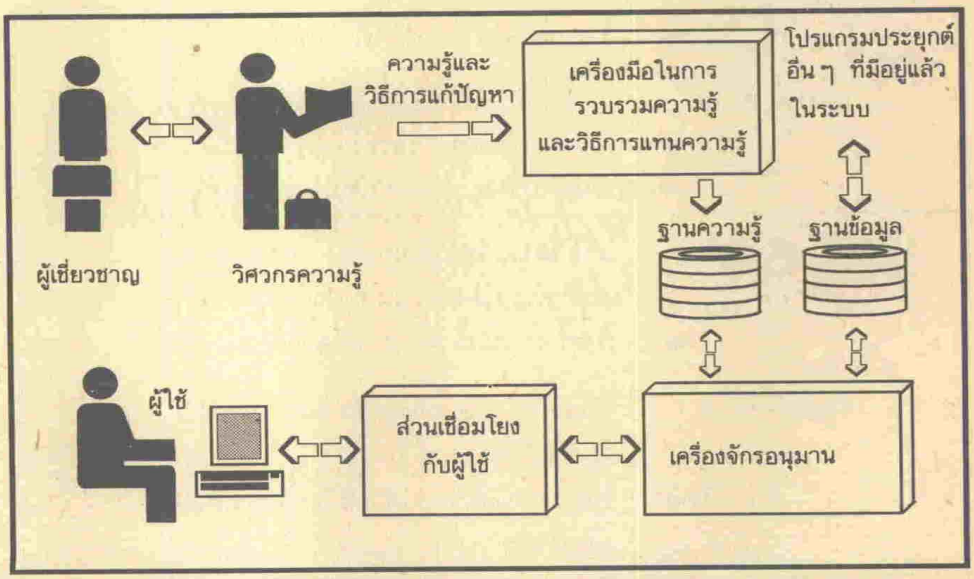
"วิศวกรความรู้" (Knowledge Engineer) เป็นบุคลากรที่ได้เรียนรู้เทคโนโลยีทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านวิศวกรรมความรู้ จะเป็นบุคคลกลางระหว่างผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ (Domain Expert) และเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยพยายามที่จะรวบรวมและถ่ายทอดความรู้ วิธีการแก้ปัญหาของผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ และทำการสร้างโมเดลของความรู้เพื่อที่จะแทนความรู้นั้นลงในฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นวิศวกรความรู้จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเทคนิคต่าง ๆ เกี่ยวกับ "การรวบรวมความรู้" (Knowledge Acquisition) มีความรู้ทั้งด้านคอมพิวเตอร์ และมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความสำเร็จส่วนหนึ่งของการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นอยู่ที่ความร่วมมืออันดีระหว่างผู้เชี่ยวชาญเฉพาะกิจ ผู้ที่พร้อมจะให้ความรู้และเผยวิธีการแก้ปัญหากับวิศวกรความรู้ซึ่งจะต้องเป็นผู้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ซึ่งมีลักษณะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาระบบอิงความรู้ หรือเป็นเครื่องมือเชิงวิศวกรรมความรู้ (Knowledge Engineering Tools) ซอฟต์แวร์ในลักษณะนี้อาจเรียกว่าเป็น "ระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ" (Expert System Shell) ซอฟต์แวร์เหล่านี้ก็คือระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีองค์ประกอบสำคัญครบทุกประการยกเว้นที่ว่ายังไม่มี "ความรู้" ใด ๆ บรรจุอยู่ในฐานความรู้ แต่ได้ตระเตรียมเครื่องมือเพื่อการรวบรวมความรู้ และวิธีการแทนความรู้แบบต่าง ๆ ไว้ พร้อมที่จะให้วิศวกรความรู้ใช้เพื่อแทนความรู้ที่ได้รวบรวมมาจากผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ แล้วสามารถสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญมนุษย์เพื่อให้ทำงานการแก้ปัญหาที่สนใจได้สะดวกรวดเร็ว รูปที่ 2 แสดงองค์ประกอบของระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญพร้อมกับการทำงานร่วมกันของผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ และวิศวกรความรู้

ปัจจุบันในประเทศไทยเราก็มีผู้ยึดอาชีพโดยทำงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับวิศวกรรมความรู้กันแล้ว คือการการพิมพ์นามบัตรของตนเองพร้อมกับตำแหน่งที่ยอมรับกันแล้วว่าเป็น "วิศวกรความรู้"

ฐานความรู้

ฐานความรู้ (Knowledge Base) มีความหมายที่แตกต่างจากคำว่า ฐานข้อมูล (Data Base) ระบบฐานข้อมูลโดยทั่วไปมักจะเกี่ยวข้องกับแฟ้มข้อมูล เรคอร์ด และฟิลด์ของข้อมูล โดยที่ข้อมูลเหล่านั้นอาจจะมีความสัมพันธ์ถึงกันได้ แต่มักจะเป็นความสัมพันธ์ที่มีลักษณะคงที่ เช่น ข้อมูลชื่อพนักงาน และเงินเดือนของพนักงานจะมีความสัมพันธ์ที่คงที่กับเรคอร์ดข้อมูลของลูกจ้างในลักษณะหนึ่งต่อหนึ่ง (เช่น ชื่อหนึ่งชื่อและเงินเดือนหนึ่งอัตราจะบรรจุอยู่ในแต่ละเรคอร์ด) เป็นต้น ส่วนฐานความรู้เป็นที่รวบรวมไว้ด้วยความรู้ที่อาจจะอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งที่เป็น "ข้อเท็จจริง" (facts หรือเทียบเท่ากับคำว่า "ข้อมูล" เมื่อเราพูดถึงฐานข้อมูล) "กฎเกณฑ์" (Rules) และ กลุ่มของข้อมูลที่ประกอบกันเป็นกรอบของความรู้ที่มีโครงสร้างแบบลำดับชั้นที่เรียกว่า "เฟรม" (Frame) บางครั้งเราอาจจะใช้เทคนิคอื่น ๆ เพื่อการบรรจุความรู้ลงในฐานความรู้ เช่น ใช้หลักการเชิง



รูปที่ 2 องค์ประกอบของระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ

ตรรกศาสตร์ (Logic) หรือหลักการของนิวรอลเน็ตเวอร์ก เป็นต้น

ในปัจจุบัน เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้ หรือ ระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญที่มีขายอยู่ในท้องตลาดส่วนใหญ่นั้น มักจะมีวิธีการแทนความรู้ในรูปของกฎเกณฑ์ หรือแบบเฟรมหรือผสมผสานทั้งสองวิธีเข้าด้วยกันโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความรู้ในรูปของกฎเกณฑ์นั้นจะเป็นแบบที่คนทั่วไปจะเข้าใจง่ายที่สุด ผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ที่จะต้องเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และวิธีการคิดหาเหตุผลเพื่อการแก้ไขปัญหา ก็มักจะชื่นชอบกับการเขียนอธิบายความรู้นั้นในรูปของกฎเกณฑ์

กฎเกณฑ์ที่ใช้จะอยู่ในรูปของเงื่อนไขถ้า (If เงื่อนไข Then ข้อสรุป) ลองพิจารณากฎเกณฑ์เงื่อนไขดังแสดงในรูปที่ 3 เช่น กฎข้อที่ 1 อาจจะบรรจุอยู่ภายในฐานความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญที่ช่วยแนะนำการลดความอ้วน หรือในระบบแนะนำโภชนาการได้ให้สังเกตว่าเงื่อนไขหลัง คำว่า "ถ้า" (IF) อาจจะประกอบด้วยเงื่อนไขผสมผสานกันหลายประการ โดยเชื่อมกันด้วยคำเชื่อม "และ" (And) ได้ กฎข้อที่ 2 และ 3 อาจจะเป็นส่วนของฐานความรู้ที่ใช้ช่วยวินิจฉัยหาสาเหตุของไฟไหม้ได้ ส่วนกฎข้อที่ 4 และ 5 เป็นเงื่อนไขความรู้ที่เกี่ยวกับการแนะนำการให้สินเชื่อของธนาคาร เป็นต้น

กฎข้อที่ 1	If	คุณต้องการหลีกเลี่ยงนมข้น And คุณต้องการลดคลอเรสเตอรอล
	Then	แนะนำให้ดื่มนมถั่วเหลือง
กฎข้อที่ 2	If	กลุ่มควันมีสีขาว
	Then	ปัญหาเกิดจากการรั่วที่ระบบทำความเย็น
กฎข้อที่ 3	If	กลุ่มควันมีสีที่ไม่ใช่สีขาวหรือสีดำ And มีกลิ่นเหม็นเหมือนก๊าซไข่เน่า
	Then	ปัญหาเกิดจากการเผาไหม้ของสารเคมี A
กฎข้อที่ 4	If	รายได้ต่อเดือนของลูกค้า มีค่าน้อยกว่าสามเท่าของยอดเงินผ่อนต่อเดือน
	Then	ให้ทำการสำรวจประวัติเครดิตของลูกค้า
กฎข้อที่ 5	If	ประวัติการกู้ยืมของลูกค้าไม่ด่างพร้อยเป็นเวลาอย่างน้อย 5 ปี
	Then	พยายามแนะนำลูกค้าให้รับบริการสินเชื่อแบบอื่น ๆ

รูปที่ 3 ตัวอย่างความรู้ที่เขียนเป็นกฎเกณฑ์ If เงื่อนไข Then ข้อสรุป

เครื่องจักรอนุมาน

เครื่องจักรอนุมาน (Inference Engine) เป็นหัวใจสำคัญในการควบคุมการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากเป็นเครื่องจักร (ซอฟต์แวร์) ที่จะนำเอาข้อเท็จจริง และความรู้ที่อยู่ในรูปของกฎเกณฑ์ หรือเฟรม (หรืออยู่ในรูปแบบอื่น ๆ) มาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่เข้ามาสู่ระบบ เครื่องจักรอนุมานจะทำหน้าที่ในการคิดหาเหตุผลเป็นลำดับ เป็นขั้นเป็นตอนและเลือกทิศทางการให้เหตุผลที่จะนำผู้ใช้ไปสู่คำตอบได้

ขั้นตอนวิธีการหาเหตุผลที่มีอยู่ในเครื่องจักรอนุมานจะมีลักษณะพื้นฐานเป็น 2 แบบ คือ "แบบเดินหน้าจากเหตุไปหาผล" (Forward Chaining หรือบางครั้งเรียกว่า "การหาเหตุผลโดยใช้ข้อมูลเป็นตัวขับ" -Data-driven Reasoning) และ "แบบถอยหลังจากผลเป้าหมายไปหาเหตุ (Backward Chaining หรือบางครั้งเรียกว่า "การหาเหตุผลโดยการใช้ผลลัพธ์เป้าหมายเป็นตัวขับ" -Goaldriven Reasoning)

1. จากเหตุไปหาผล สำหรับการหาเหตุผลแบบเดินหน้านั้น ระบบผู้เชี่ยวชาญอาจจะรับข้อมูลบางอย่างจากผู้ใช้ ระบบผู้เชี่ยวชาญจะพยายามนำข้อมูลเหล่านี้ไปเปรียบเทียบกับเงื่อนไขของกฎข้อต่าง ๆ ในฐานความรู้ แล้วใช้กฎข้อนั้น ๆ มาประกอบกันเป็นลำดับในการหาเหตุผล ระบบอาจจะมีการโต้ตอบกับผู้ใช้เพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติมในการประกอบการตัดสินใจเพื่อมุ่งไปสู่คำตอบ ลองพิจารณาจากตัวอย่างระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการแนะนำการกู้ยืมเงินของธนาคาร พนักงานแผนกสินเชื่ออาจจะป้อนข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้าที่มาติดต่อกู้ยืมเงินว่า

"รายได้ต่อเดือนของลูกค้ามีค่าน้อยกว่า สามเท่าของยอดเงินผ่อนต่อเดือน"

ระบบผู้เชี่ยวชาญจะพยายามค้นหาภายในฐานความรู้ว่า มีกฎข้อไหนบ้างที่เงื่อนไขหลังคำว่า "If" เป็นความจริงตรงตามข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาสู่ระบบ เช่น กฎข้อที่ 4 (รูปที่ 3) ที่ว่า

If รายได้ต่อเดือนของลูกค้า มีค่าน้อยกว่าสามเท่าของยอดเงินผ่อนต่อเดือน
Then ให้ทำการสำรวจประวัติเครดิตของลูกค้า

กฎข้อนี้ก็ได้แนะนำให้พนักงานฝ่ายสินเชื่อคนนี้ ทำการสำรวจประวัติเครดิตหรือประวัติการกู้ยืม และการผ่อนชำระของลูกค้า สมมติว่าพนักงานสินเชื่อให้ข้อมูลกลับเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ว่า "ลูกค้าไม่มีประวัติด่างพร้อย" (ไม่มีปัญหาการผ่อนชำระของการกู้ยืมในอดีต) คอมพิวเตอร์อาจจะถามข้อมูลเพิ่มเติมอีกว่า "การสำรวจประวัติลูกค้าในด้านเครดิตที่ไม่ด่างพร้อยนั้นย้อนหลังไปกี่ปี" พนักงานสินเชื่อตอบว่า "5 ปี" มาถึงจุดนี้ระบบผู้เชี่ยวชาญได้ทำลำดับขั้นการหาเหตุผลมาถึงกฎข้อที่ 5 (รูปที่ 2) ของฐานความรู้ที่ว่า

If ลูกค้าไม่มีประวัติการกู้ยืมในอดีตที่ด่างพร้อยเป็นเวลาอย่างน้อย 5 ปี
Then พยายามแนะนำลูกค้าให้รับบริการสินเชื่อแบบอื่น ๆ

กล่าวคือ ในที่นี้แม้ว่ารายได้ของลูกค้าจะน้อยกว่าสามเท่าของยอดเงินผ่อนแต่เนื่องจากว่าลูกค้ามีประวัติการกู้ยืมที่ดีก็น่าจะให้บริการสินเชื่อ แต่อาจจะเป็นรูปแบบบริการอื่น ๆ (เช่น แบบอื่นที่ลูกค้าอาจจะแบกภาระการผ่อนด้วยยอดเงินที่ต่ำลง เป็นต้น)

การหาเหตุผลแบบเดินหน้าจากเหตุไปหาผล (Forward Chaining) เป็นการที่ระบบพยายามที่จะใช้กฎเกณฑ์ทีละข้อส่งผลลัพธ์ไปกระตุ้นให้ผลลัพธ์ข้ออื่น ๆ เป็นจริงตามไปเป็นลูกโซ่ จนกระทั่งถึงผลลัพธ์ที่เป็นคำตอบ หรือเป้าหมายของโจทย์ที่กำหนด ในกรณีที่เงื่อนไขของกฎหลายข้อเป็นจริงพร้อมกันนั้น ระบบอาจจะต้องมีการทดลองหาเหตุผลไปในหลายทิศทางก็ได้

2. จากผลกลับมาหาเหตุ การหาเหตุผลแบบถอยหลังจากผลเป้าหมายไปหาเหตุ (Backward Chaining) เป็นลักษณะสวนทิศทางกับการหาเหตุผลแบบเดินหน้าจากเหตุไปหาผล (Forward Chaining)

สำหรับการคิดแบบย้อนหลังนี้จะเป็นแบบที่ระบบจะต้องรับอินพุตที่เป็นเป้าหมายหรือข้อสรุปจากผู้ใช้ แล้วระบบจะพยายามหาข้อยืนยันหรือพยายามพิสูจน์ให้ได้ว่าเป้าหมายหรือข้อสรุปที่กำหนดให้นั้นเป็นจริง (หรือพิสูจน์ว่าไม่จริง) โดยการใช้กฎเกณฑ์เงื่อนไขและข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่มีอยู่ในระบบแล้ว วิธีการในเชิงปฏิบัติกล่าวคือ ระบบจะเปรียบเทียบว่าเงื่อนไขหลัง "Then" ของกฎข้อไหนที่ตรงกับเป้าหมายหรือข้อสรุปที่กำหนดเป็นอินพุตเข้ามานั้น กฎข้อนี้จะถูกนำมาใช้ต่อกันเป็นเส้นทางของการหาเหตุผลแบบถอยหลัง

พิจารณาตัวอย่างฐานความรู้ของระบบการแนะนำการให้สินเชื่อ พนักงานฝ่ายสินเชื่ออาจจะเริ่มต้นด้วยการตั้งข้อสรุปว่า "พยายามแนะนำลูกค้าให้รับบริการสินเชื่อแบบอื่น ๆ" ระบบพยายามที่จะตรวจสอบข้อสรุป (หรือสมมติฐาน) นี้ว่าเป็นจริง โดยการคิดแบบถอยหลัง เริ่มจากกฎข้อที่ผลลัพธ์หลัง "Then" ตรงกับข้อสรุปที่ต้องการจะพิสูจน์นั้น ในที่นี้คือกฎข้อที่ 5 (อ้างถึงรูปที่ 3)

If ลูกค้าไม่มีประวัติการกู้ยืมในอดีตที่ด่างพร้อยเป็นเวลาอย่างน้อย 5 ปี
Then พยายามแนะนำลูกค้าให้รับบริการสินเชื่อแบบอื่น ๆ

ขบวนการหาเหตุผลแบบถอยหลังก็พยายามที่จะใช้เงื่อนไขหลัง "If" ของกฎข้างบนนี้เป็นสมมติฐาน (หรือข้อสรุป) ที่จะต้องพิสูจน์หรือยืนยันความถูกต้องกันต่อไปโดยการนำเงื่อนไขนี้ไปเปรียบเทียบกับส่วนของ "Then" ของกฎข้ออื่น ๆ ในฐานความรู้ระบบจะทำขบวนการดังกล่าวนี้ไปจนกระทั่งเงื่อนไขหลัง "If" เป็นข้อเท็จจริงที่มีอยู่ในฐานความรู้แล้ว หรือถ้าไม่สามารถเชื่อมต่อแบบถอยหลัง กับส่วนของ "Then" ของกฎข้อไหน ๆ ได้แล้ว ระบบอาจจะมีการถามคำถามต่อผู้ใช้เพื่อที่จะขอข้อมูลยืนยันเพิ่มเติมได้

บทสรุป

ในปัจจุบันยังมีผู้คนอยู่จำนวนหนึ่ง ที่มีความเข้าใจอย่างผิด ๆ เกี่ยวกับเทคโนโลยีทางด้านปัญญาประดิษฐ์ หรือโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านระบบผู้เชี่ยวชาญ คนกลุ่มนี้คาดคิดว่าคอมพิวเตอร์ในลักษณะของระบบผู้เชี่ยวชาญจะเข้ามาแย่งงานหรือเข้ามาแทนที่ หรือจะทำให้ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ตกงานไป ในความเป็นจริงแล้วระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นเพียงระบบที่เข้ามาช่วยเสริมประสิทธิภาพของการทำงาน ของการตัดสินใจ และช่วยเพิ่มผลงานของผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ให้สูงขึ้น ระบบผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้ต้องทำงานเป็นทีมร่วมกันในขบวนการของการตัดสินใจ

คอมพิวเตอร์ระบบผู้เชี่ยวชาญจะช่วยจัดการกับปัญหาที่ต้องใช้สติปัญญาความรู้ในการคิดหาเหตุผล ซึ่งจะช่วยลดภาระของผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ที่ต้องทำงานดังกล่าวเป็นกิจวัตร นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถที่จะผสมผสานคำตอบพร้อมเหตุผลที่ได้มาจากระบบผู้เชี่ยวชาญกับวิจารณญาณหรือสามัญสำนึกที่ยืดหยุ่นของมนุษย์ เพื่อการแก้ไขปัญหาที่สลับซับซ้อนได้

ระบบผู้เชี่ยวชาญจำนวนมากได้ผ่านการพิสูจน์ในสภาพการใช้งานจริง โดยได้แสดงความสามารถในระดับใกล้เคียง หรือเหนือกว่าผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ในสาขานั้น ๆ เช่น ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวินิจฉัยโรคเฉพาะอย่างก็สามารถทำงานได้ในระดับใกล้เคียงกับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวิเคราะห์ด้านการเงิน และการแนะนำการลงทุน ระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีความสามารถในการจัดระบบคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ และระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อ

การแนะนำการขุดหาแหล่งแร่ เป็นต้น

ประเทศผู้นำทางเทคโนโลยีทั่วโลกกำลังให้ความสนใจต่อการพัฒนาและการประยุกต์ใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญอย่างกว้างขวาง ในอนาคตเราอาจจะได้เห็นและสัมผัสกับระบบผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ทนายความอาจจะต้องอาศัยความช่วยเหลือจากระบบผู้เชี่ยวชาญในการเตรียมตัว เตรียมพูดโต้เถียงกับคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะขึ้นศาลจริง แพทย์อาจจะต้องถามคอมพิวเตอร์ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอ "ความเห็นที่สอง (คำตอบพร้อมเหตุผล)" ในการวินิจฉัยโรค สถาปนิกอาจจะร่วมอภิปรายโต้ตอบเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างของอาคารกับระบบผู้เชี่ยวชาญ

เสนาธิการทหารอาจจะต้องปรึกษากับระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อวางแผนยุทธวิธีในการรบ และนักวางผังเมืองอาจจะถามหรือขอคำแนะนำจากคอมพิวเตอร์ในการเลือกตำแหน่งในเมืองที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสวนสาธารณะ เป็นต้น

นักสังเกตการณ์ด้านอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์หลายท่าน ลงความเห็นว่าระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นคลื่นลูกใหญ่ของอนาคต พวกเราแต่ละคนจะได้ความช่วยเหลือจากระบบผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งในงานวิชาชีพของแต่ละคน บางคนก็สงสัยไว้ก่อนว่า "จะเป็นไปได้เหรอ" เวลาจะเป็นเครื่องพิสูจน์

เอกสารอ้างอิง

1. Brazile, R.P. and K.M. Swigger, "GATES: An Airline Gate Assignment and Tracking Expert System," IEEE Expert, Summer 1988, PP. 33-39

2. AI WEEK, "Chemical Bank Deveiops Foreign Trading ES," AI Week, September 15, 1988, PP. 8-9

3. Keyes, J "AI in the Big Six," "AI Expert May 1990, PP. 37-42

4. Newquist, H.P. III, "Somewhere Over the Rainbow: Using AI to Get to Wall Street," AI Expert, July 1988, PP 65-67 PP 65-67

5. สมนึก คีรีโต, "ปัญญาประดิษฐ์" วารสารไมโครคอมพิวเตอร์, ธันวาคม 2528, หน้า 60-67

6. สมนึก คีรีโต, "การวิจัย และพัฒนาทางด้านปัญญาประดิษฐ์ของห้องปฏิบัติการวิจัยปัญญาประดิษฐ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์," เอกสารรวบรวมบทคัดย่อ นิทรรศการวิชาการ 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์-ธรรมชาติ เทคโนโลยี และชีวิต, กุมภาพันธ์ 2536, หน้า 131

7. Baker, .S "Nexpert Object: Mainstreaming AI Applications," IEEE Expert, Winter 1988, P. 82

8. Kane, B, and D.W.Rucker, "AI in Medicine," AI Expert, November 1988, PP. 48-55

9. Eskow, D., "Wendy's Turns to PCs to Beef Up Operations," PC Week, February 12,1990, PP. 121-124

10. Newquist, H.P., III, "LISP Chips to Chocolate Chips," AI Expert, November 1989, pp. 55-58

11. คอมพิวเตอร์ ซีสเต็มส์ คอนซัลติ้ง, "โครงการการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการวิจัย การพัฒนาเทคโนโลยี และอุตสาหกรรมปัญญาประดิษฐ์" ตามนโยบายของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์,เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, 2536